

## RELATION TAILLE –MASSE, CONDITION RELATIVE ET CYCLE SEXUEL DES ANCHOIS ET DES SARDINES DES COTES TUNISIENNES

Sana KHEMIRI\* et A. GAAMOUR

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Centre La Goulette

Tel : 71735848 Fax : 71735848

\* sanak182000@yahoo.com

### ملخص

علاقة الطول بالوزن، الحالة النسبية ودورة التكاثر للأنشوة و السردينة بالسواحل التونسية : يهتم هذا العمل بدراسة بيولوجيا التكاثر، علاقة الطول بالوزن والحالة النسبية لأسماك الأنشوة *Engraulis encrasicolus* و السردينة *Sardina pilchardus* بالمنطقة الشمالية، بخليج تونس، بالجهة الشرقية و بالجهة الجنوبية للسواحل التونسية خلال الفترة 2000-2002.

بالنسبة لجملة عينات الأنشوة و السردينة يتساوى عدد الإناث و الذكور. يبدو أن بلوغ الطول عند النضج الجنسي الأول يتأثر بدرجة حرارة الماء بغض النظر عن الجهة. تمتد فترة تكاثر الأنشوة في الجهات الأربع من أبريل إلى أكتوبر وبالنسبة للسردينة من أكتوبر إلى مارس. في المياه التونسية تنمو الأنشوة و السردينة نسبيا في الطول أكثر من الوزن. كما تمرا خلال السنة بفترتين واحدة تعكس الحالة النسبية الجيدة والأخرى الحالة النسبية السيئة.

**كلمات مفاتيح:** الأنشوة، السردينة، السواحل التونسية، علاقة الطول بالوزن، الحالة النسبية، دورة التكاثر، نسب الإناث و الذكور و الطول عند النضج الجنسي الأول

### RESUME

La biologie reproductive, la relation taille-masse ainsi que la condition relative de l'anchois *Engraulis encrasicolus* et de la sardine *Sardina pilchardus* ont été étudiées le long des régions Nord, Golfe de Tunis, la région Est et la région Sud des côtes tunisiennes durant la période 2000-2002.

Pour l'anchois et la sardine, la sex-ratio globale pour toutes les côtes tunisiennes est voisine de 1,0. L'acquisition de la taille de première maturité sexuelle semble être influencée par la température de l'eau dans les quatre régions. Les périodes de reproduction ont lieu dans les quatre régions d'avril à octobre pour l'anchois et d'octobre à mars pour la sardine. Dans les eaux tunisiennes, l'anchois et la sardine ont une allométrie majorante et une condition qui passe par deux périodes distinctes de bonne et de mauvaise conditions.

**Mots clé:** anchois, sardine, cycle sexuel, Sex-ratio, taille de première maturité sexuelle, relation taille-masse, condition relative et côtes tunisiennes.

### ABSTRACT

**length-weight relationships, relative condition and sexual cycle of anchovies and sardines of the Tunisian coasts :**The reproductive biology, the length-weight relationships and the relative condition of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* were studied in the North area, the Gulf of Tunis, the East area and the South area along the Tunisian coasts during the 2000-2002 periods.

For the anchovy and the sardine, the overall ratio of male and female along the Tunisian coasts was of 1.0. The occurrence of the first maturity was influenced by the sea temperature in the four areas. The spawning periods took place, in the four areas, from april to october for the anchovy and from october to march for the sardine. Along the Tunisian coast, the anchovy and the sardine showed a positive allometry and a condition characterized by two distinct periods; a good and a hard one.

**Key words:** anchovy, sardine, length-weight relationships, relative condition, sexual cycle, sex-ratio, length at first sexual maturity and Tunisian coast.

### INTRODUCTION

Parmi les petits pélagiques qui peuplent les eaux tunisiennes la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) et l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), sont les espèces dont l'exploitation a une importance stratégique pour la Tunisie sur le plan économique et social. En effet, les biomasses exploitables ont été évaluées, en été-2000, à environ 38000 tonnes pour la sardine et 6000 tonnes pour l'anchois (Ben Abdallah et Gaamour, 2004 a et b ;

Gaamour et al., 2004 a et b). Ceci a incité au développement de leur exploitation qui est à l'origine de la création de nouveaux postes de travail et de nouvelles possibilités d'exportation vers l'étranger. De plus, ces deux espèces ayant une valeur commerciale relativement faible et une grande qualité nutritionnelle, ils sont accessibles à toutes les catégories sociales notamment les plus défavorisées.

Les petits pélagiques, notamment l'anchois et la sardine, sont connus pour leur grande sensibilité aux variations saisonnière et annuelle de l'environnement et pour la

forte variabilité de leur biomasse et de leur recrutement. A l'échelle mondiale, les exemples de l'anchois du Pérou et de la sardine du Pacifique illustrent bien les cas d'effondrements spectaculaires des pêcheries et d'économie halieutique (Durand, 1991 ; Schwartzlose et *al.*, 1999) et rendent compte de la fragilité de cette ressource et de sa vulnérabilité à la surexploitation.

Une bonne connaissance des paramètres biologiques des espèces concernées est un préalable requis pour alimenter les modèles d'évaluation des stocks et par suite prendre les décisions en matière de gestion et de mesure de réglementation afin d'assurer la rentabilité et la durabilité de leur exploitation.

Malgré l'abondance de ces deux espèces le long des côtes tunisiennes, les travaux concernant leur biologie et notamment leur reproduction sont rares : Ktari-chakroun,

1978 ; Turki et Ktari-chakroun 1985 ; Kartas, 1981 ; Gaamour et *al.*, 2004 a et b.

Le but de ce travail est de fournir des informations, sur la biologie reproductive de l'anchois et de la sardine (sex-ratio, taille de première maturité sexuelle et cycle sexuel), de déterminer les relations taille-masse respectives ainsi que de suivre l'évolution de leurs conditions moyennes dans quatre régions le long des côtes tunisiennes.

## MATERIEL ET METHODES

L'étude a concerné toute la côte tunisienne. Le long de cette côte, les quatre régions suivantes ont été considérées (Fig. 1) :

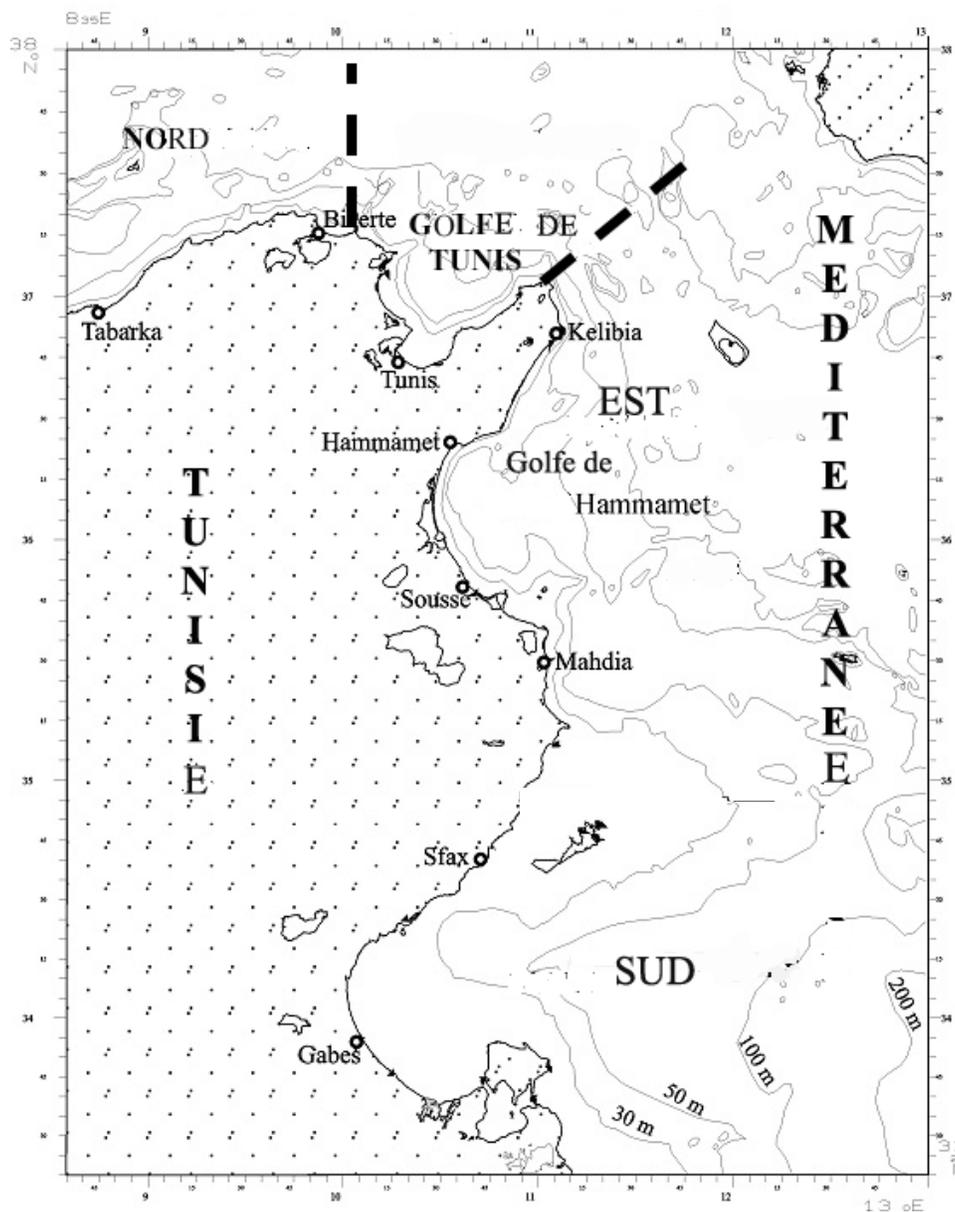


Fig 1: Carte bathymétrique de la Tunisie représentant les quatre zones d'échantillonnage avec les principaux ports sardiniers.

- Région Nord : s'étend de la frontière tuniso-algérienne au méridien 10°16'E

- Golfe de Tunis : s'étale du méridien 10°16'E à la ligne joignant la pointe du Cap Bon au point de coordonnées 37 30'N-11°45'E

- Région Est : est limitée au Nord par la ligne joignant la pointe du Cap Bon au point de coordonnées 37 30'N-11°45'E et au Sud par le parallèle 35°N 11°E

- Région Sud : est limitée au nord par le parallèle 35°N 11°E et au sud par la frontière tuniso-libyenne.

Ces régions diffèrent par leur morphologie côtière et leurs caractéristiques hydrologiques (température de l'eau, salinité, courant, nourriture disponible...) auxquelles sont sensibles les petits pélagiques (Brandhorst, 1977 ; Raimbault et al., 1993 ; Sammari et Gana, 1995 ; Sammari et Brahim 1996 ; Daly-Yahia et al., 2004). Deux régions font partie du bassin occidental de la Méditerranée, la région Nord et le Golfe de Tunis, les deux autres, la région Est qui comporte le Golfe de Hammamet et la région Sud qui comprend le Golfe de Gabès, font partie du bassin oriental.

Le matériel a été collecté, le long de la côte tunisienne, mensuellement entre janvier 2000 et décembre 2002 à partir de pêches expérimentales, réalisées lors des campagnes hydro-acoustiques à bord du N/O Hannibal à l'aide d'un chalut semi-pélagique et à partir de la pêche commerciale des sardiniers et des chalutiers. Un total de 7816 individus d'anchois et de 3993 spécimens de sardines a été collecté et analysé dans le laboratoire. Pour chaque individu échantillonné, les paramètres suivants ont été relevés ; la longueur à la fourche ( $L_F$ ) au mm près, la masse totale (Pt), la masse du poisson éviscéré (Pev) et la masse des gonades (Pg) au centième de g près. Par la suite le sexe et le stade macroscopique de maturité sexuelle ont été déterminés suivant l'échelle à six stades de maturité sexuelle élaborée par Gaamour (1999) (I : immature, II : repos sexuel, III : début de maturation, IV : pré-ponte ou pré-émission, V : ponte ou émission, VI : post-ponte ou post-émission).

Pour l'étude des paramètres biologiques de la sardine et de l'anchois une année moyenne a été considérée.

### Reproduction

La sex-ratio retenue dans la présente étude, est le rapport du nombre des femelles sur le nombre des mâles. Le taux de féminité (le rapport du nombre de femelles sur le nombre total des mâles et des femelles) a été également suivi par classe de taille.

La taille de première maturité sexuelle retenue correspond à la longueur pour laquelle 50 % des individus sont matures pendant la période de reproduction (Fontana, 1969). Pour la détermination de cette taille pour chacune des espèces, les individus échantillonnés pendant la période de reproduction ont été répartis par classe de taille de 1cm. Le pourcentage d'individus matures est établi pour chaque classe de taille. Les couples taille-pourcentage d'individus matures sont ajustés à une courbe logistique (King, 1995) dont la formulation mathématique est la suivante:  $Pr = 1 / (1 + e^{-r(L - L_{m50})})$  avec : Pr Proportion des matures, r pente, L

longueur à la fourche,  $L_{m50}$  taille à la première maturité sexuelle.

La période de reproduction moyenne a été déterminée par le suivi de l'évolution mensuelle du rapport gonadosomatique (RGS) (Lahaye, 1979).

$RGS (\%) = (Masse \text{ des gonades (g)} / Masse \text{ du poisson éviscéré (g)}) * 100$

### Relation taille-masse et condition moyenne

La relation taille-masse a été obtenue suivant la formule suivante:  $P = a * L_F^b$  avec : P la masse du poisson éviscéré, a une constante,  $L_F$  la longueur à la fourche, b le coefficient d'allométrie ; ce dernier traduit le type de croissance de la masse par rapport à la longueur ; en effet si  $b=3$  : la masse croît proportionnellement à la longueur: Isométrie,  $b < 3$  : la masse croît proportionnellement moins vite que la longueur: Allométrie minorante,  $b > 3$  : la masse croît proportionnellement plus vite que la longueur: Allométrie majorante.

Une transformation logarithmique de l'équation  $P = a * L_F^b$  permet le calcul des paramètres a et b. L'équation devient linéaire de la forme :  $\text{Log}(P) = \text{Log}(a) + b \text{Log}(L_F)$

La résolution de cette équation est faite par l'emploi de la méthode des moindres rectangles. Il faut noter que la relation taille-masse varie en fonction des conditions du milieu extérieur, de la saison, de l'état physiologique du poisson, du sexe, de la taille et de l'âge (Mouneimné, 1981 ; Sinovic, 2003). Ainsi, pour comparer les valeurs a et b de la relation taille-masse entre les mâles et les femelles et entre les régions, des sous-échantillons ont été prélevés au hasard en utilisant le logiciel Excel de manière à avoir le même nombre de mâles et de femelles par classe de taille et par mois pour chacune des régions. Ceci a l'avantage de palier les biais introduits par des différences de la composition en taille et des variations saisonnières sur les valeurs de a et de b (Fréon, 1979 ; Gaamour, 1999). Les comparaisons ont été effectuées en utilisant le test t de Student (Schwartz, 1993).

Pour tester l'isométrie de la croissance des deux espèces, le coefficient d'allométrie b a été comparé à 3 (test t de Student). Et pour comparer la constante a et le coefficient d'allométrie b entre les sexes et les régions le test t de position et le test t de la pente ont été utilisés. Pour tous les tests t le seuil de signification  $\alpha$  retenu est 0,05.

Le facteur de condition relative a été calculé pour chaque individu. La formule est la suivante :  $FC = P_i / (a * L_{Fi}^b)$  avec :  $P_i$  masse de l'individu i éviscéré,  $L_{Fi}$  Longueur à la fourche de l'individu i, a et b : les paramètres de la relation taille-masse.

L'évolution mensuelle du facteur de condition a été suivie afin d'étudier la variation mensuelle de l'embonpoint.

## RESULTATS

### Sexe ratio

Chez l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) aucun caractère sexuel secondaire apparent ne permet de distinguer les mâles des femelles.

Une dissection des poissons a été donc nécessaire pour l'examen des gonades.

Le long de la côte tunisienne, sur les 7816 anchois examinés, on a dénombré 3966 femelles et 3850 mâles, soit un taux de féminité total de 51 % et une sex-ratio de 1,0. Pour la sardine sur un total de 3993 individus capturés, on a compté 1997 femelles et 1996 mâles, soit un taux de féminité de 50 % et une sex-ratio de 1,0. Pour les deux espèces on assiste donc à un équilibre des proportions numériques des deux sexes sur toute la côte tunisienne. Néanmoins, la sex-ratio des anchois et des sardines varie selon les régions (Tab I). En effet, pour l'anchois il existe une légère prédominance des mâles dans la région Est, le Golfe de Tunis et la région Sud. La tendance à la féminité est plutôt observée dans la région Nord. Pour la sardine la sex-ratio est à l'avantage des femelles dans les régions Nord et Sud tandis que dans les régions Est et le Golfe de Tunis, il est au profit des mâles.

Hormis l'anchois dans la région Sud, l'évolution mensuelle du taux de féminité par classe de taille est comparable dans les quatre régions pour les deux espèces avec une dominance des mâles dans les tranches de

tailles intermédiaires et une dominance des femelles dans les classes de petites tailles (inférieures à 7 cm pour l'anchois et à 8 cm pour la sardine) et de grandes tailles (supérieures à 14 cm pour l'anchois et la sardine) (Figs. 2 et 3).

**Taille de première maturité sexuelle**

Chez l'anchois et la sardine, quelle que soit la région, les femelles et les mâles atteignent leur première maturité sexuelle à une taille équivalente (Tab II), cependant la taille de première maturité sexuelle varie selon les régions. En effet, pour les deux espèces la plus grande taille de première maturité sexuelle est observée dans la zone Nord alors que la plus petite est enregistrée dans la région Sud (Figs. 4 et 5).

**Cycle sexuel**

L'évolution du RGS par région a montré que les différentes étapes du cycle sexuel sont synchrones dans les quatre régions pour chacune des deux espèces malgré des différences plus ou moins importantes dans les RGS moyens pour chacun des mois entre les différentes régions (Figs 6 a et b).

Tableau I : Sex-ratio des anchois et des sardines par région.

	Nord	Golfe de Tunis	Région Est	Région Sud
Anchois	1,3	0,9	0,9	0,9
Sardine	1,1	0,9	0,89	1,1

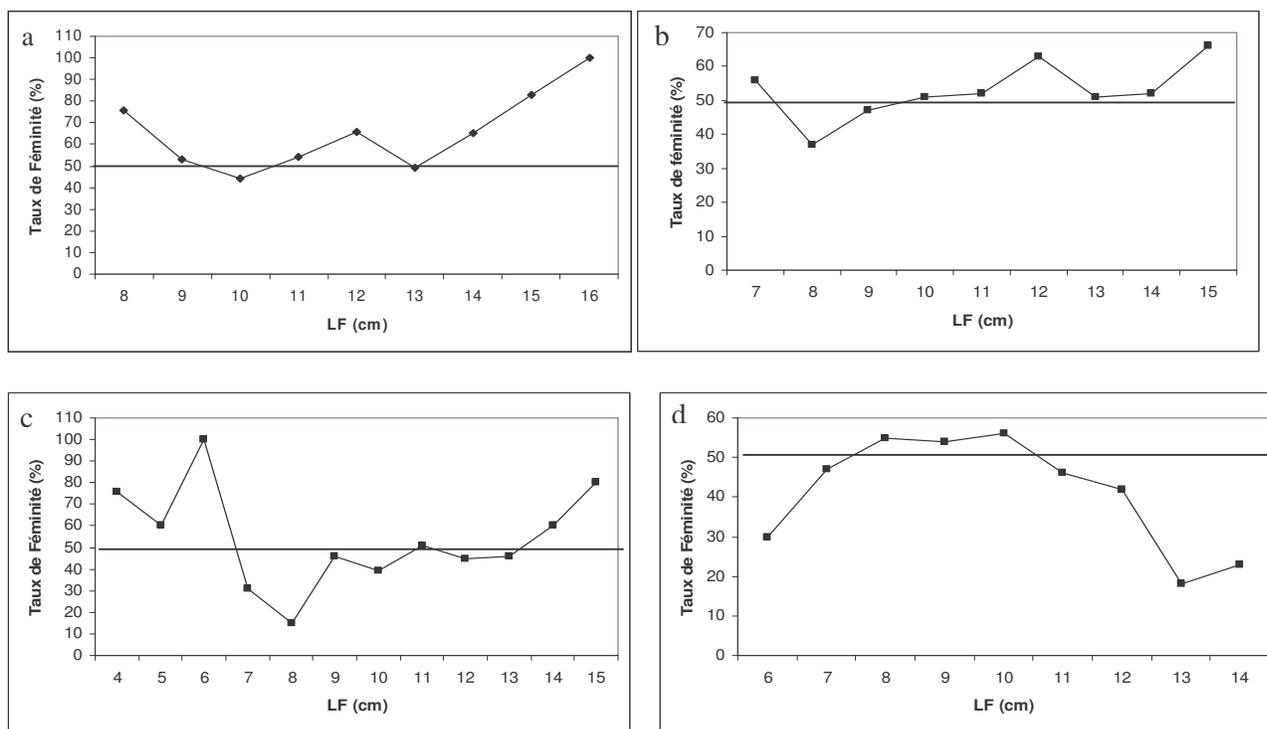


Fig 2 : Evolution du taux de féminité moyen de l'Anchois en fonction de la longueur dans la région Nord (a), le Golfe de Tunis (b), la région Est (c) et la région Sud (d).

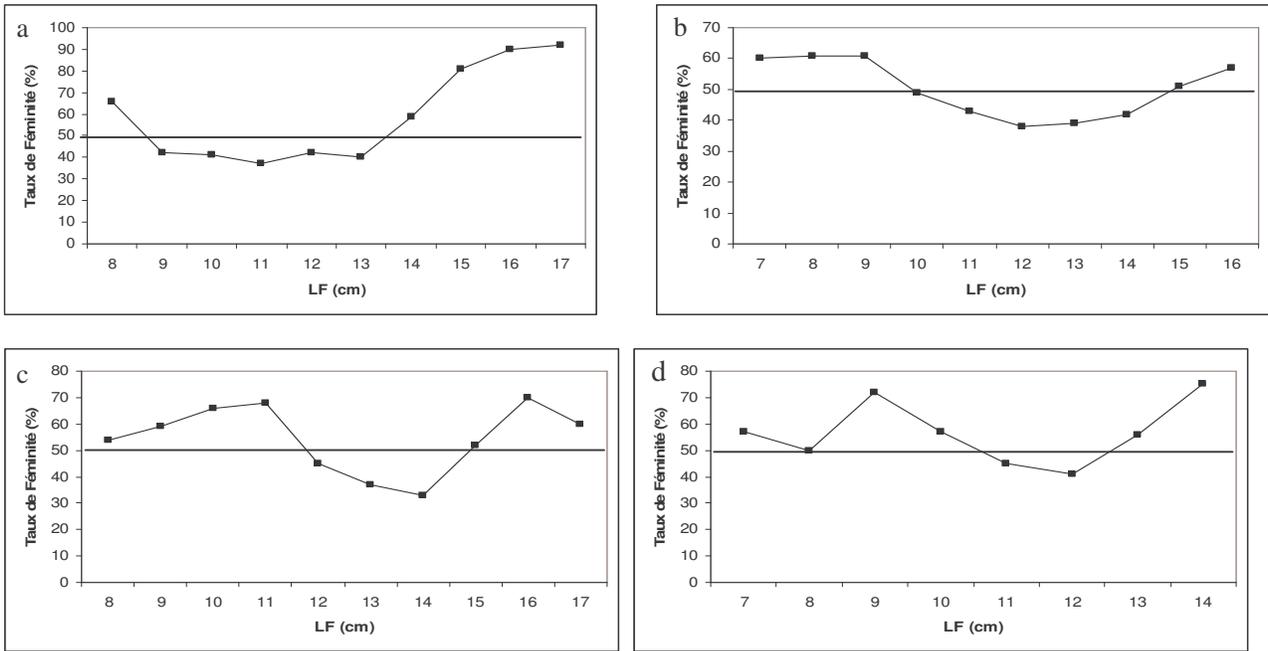


Fig 3 : Evolution du taux de féminité moyen de la sardine en fonction de la longueur dans la région Nord (a), le Golfe de Tunis (b), la région Est (c) et la région Sud (d).

Tableau II : Taille de première maturité sexuelle des anchois et des sardines par sexe et par région.

L50	Anchois		Sardine	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Région Nord	8,2	8,3	10,4	10,2
Golfe de Tunis	7,1	6,9	10,2	10,3
Région Est	7,7	7,5	-	-
Région Sud	6,3	6,1	10	10

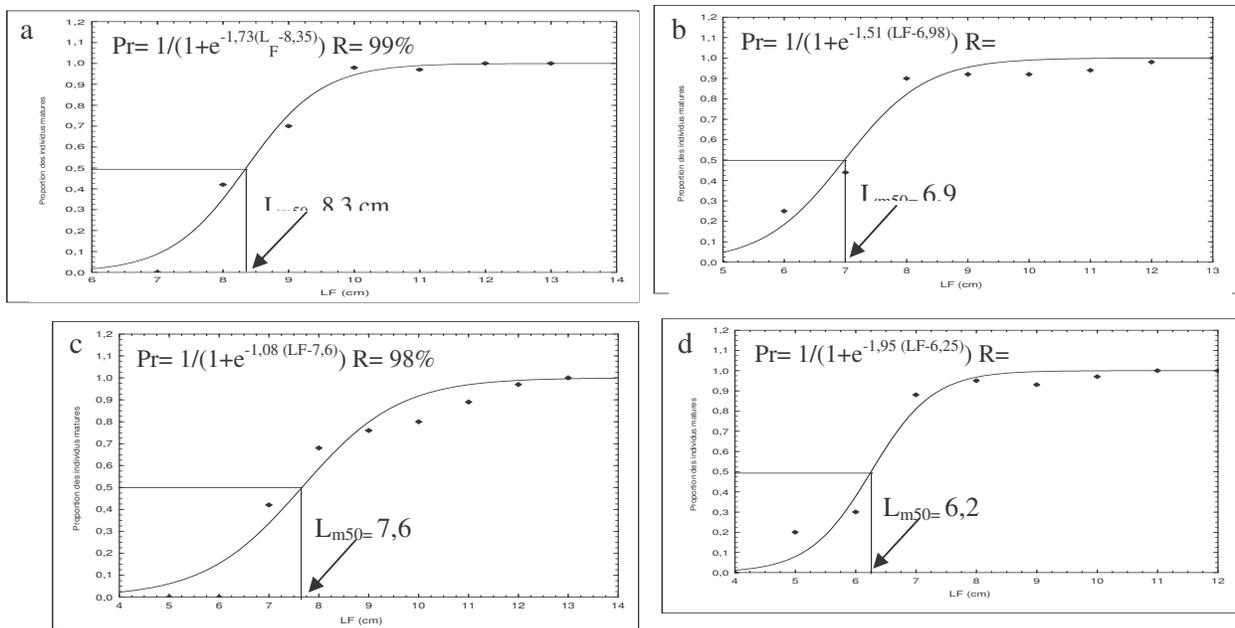


Fig 4 : Taille de première maturité sexuelle pour l'ensemble des anchois dans la région Nord (a), le Golfe de Tunis (b), la région Est (c) et la région Sud (d).

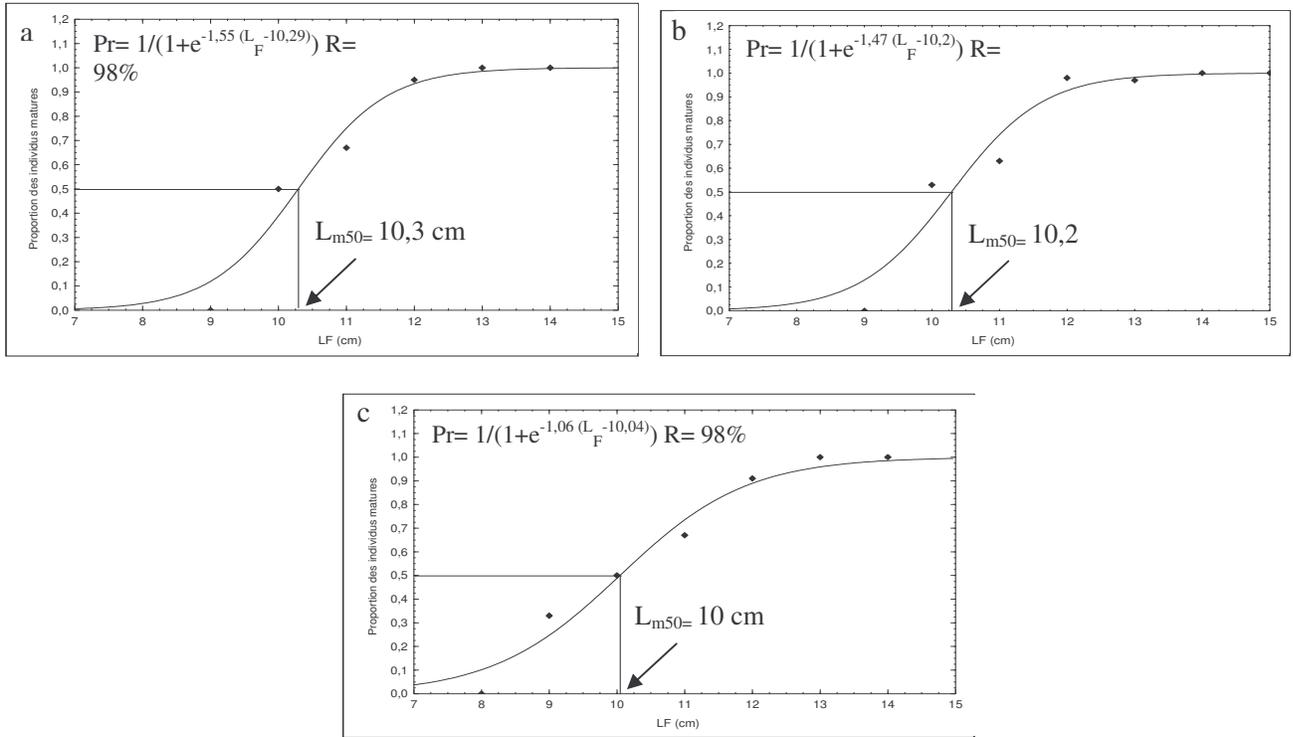


Fig 5 : Taille de première maturité sexuelle pour l'ensemble des sardines dans la région Nord (a), le Golfe de Tunis (b)

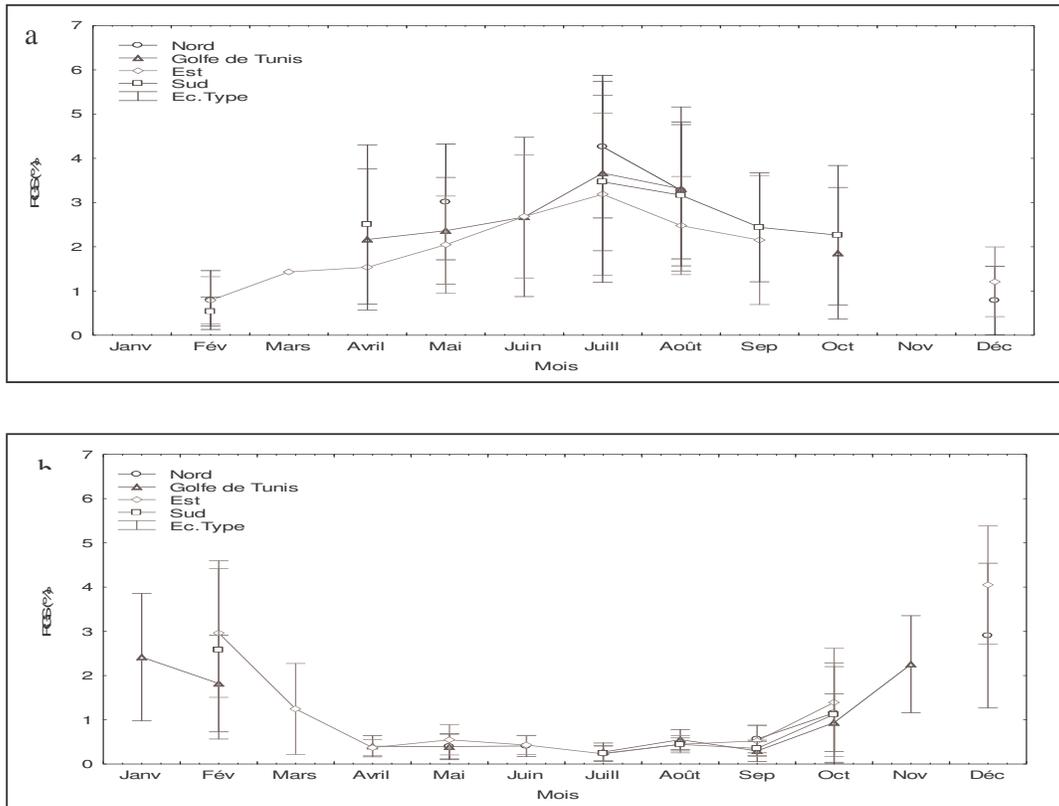


Fig 6 : Evolution mensuelle du RGS individuel chez l'Anchois (a) et la Sardine (b) par région.

L'évolution mensuelle du RGS moyen, toutes régions confondues, au cours d'un cycle annuel montre que la sardine et l'anchois ont un seul cycle sexuel par an. En effet, pour :

-Pour l'anchois, la période de reproduction moyenne s'étale d'avril à octobre, la récupération et le repos sexuel s'échelonnent entre octobre et février et la maturation débute en février et s'achève en avril.

-Pour la sardine la période de reproduction moyenne dure d'octobre à mars, la récupération et le repos sexuel de mars à août et la maturation d'août à octobre.

Pour ces deux espèces, l'étude de l'évolution mensuelle des RGS individuels des mâles et des femelles a mis en évidence la synchronisation des différentes étapes du cycle sexuel pour les deux sexes. Toutefois, la forte variabilité du RGS individuel témoigne d'un développement sexuel asynchrone au niveau individuel c'est-à-dire qu'à la même époque coexistent des individus en maturation, d'autres en phase de reproduction alors que certains sont déjà en phase de récupération (Figs 7 et 8).

Il faut noter que les variations inter-individuelles sont surtout élevées pendant la période de reproduction et notamment de juin à août pour l'anchois où l'indice peut varier de 0,50 à 13,24 % et de novembre à février pour la sardine où l'indice varie de 0,12 à 7,41 %.

**Relation taille-masse**

Les relations taille-masse ont été établies séparément par sexe et par région pour l'anchois et la sardine.

Pour ces deux espèces, des comparaisons ont été réalisées entre les relations taille-masse par sexe et par région. Les résultats sont récapitulés dans les tableaux III à VI.

Comparées à 3 au seuil de 5 %, les pentes des droites de régression de chaque région pour chaque sexe sont

significativement supérieures à 3 mettant en évidence une allométrie majorante chez l'anchois et la sardine.

Pour l'anchois, la comparaison des droites d'allométrie des différentes régions, prises deux à deux, ne montre aucune différence significative ni au niveau de la pente ni au niveau de la position entre la région Nord et la région Est et entre le Golfe de Tunis et la région Sud. Cependant, la différence est significative au seuil de 5 % au niveau de la pente et de la position entre le Golfe de Tunis et la région Nord, le Golfe de Tunis et la région Est et entre la région Sud et la région Est et seulement au niveau de la position entre la région Sud et la région Nord.

A partir des résultats obtenus par comparaison des droites d'allométrie, les régions où la différence n'est pas significative ont été regroupées, les relations sont alors :

- région Nord-Est  $P= 0,0029 L_F^{3,34} R= 0,98$
- région Sud-golfe de Tunis  $P= 0,0046 L_F^{3,15} R= 0,96$

Pour la sardine, la comparaison, deux à deux, des droites d'allométrie des différentes régions montre une différence significative entre les régions au niveau de la pente et de la position hormis la région Sud et le Golfe de Tunis dont les droites d'allométrie peuvent être assimilées à une seule droite.

Les relations taille-masse retenues pour les différentes régions sont donc :

- région Nord :  $P= 0,0033 L_F^{3,38} R= 0,90$
- région Est :  $P= 0,0051 L_F^{3,17} R= 0,94$
- région Sud-Golfe de Tunis  $P= 0,0061 L_F^{3,08} R= 0,96$

**Facteur de condition relative**

Pour l'anchois comme pour la sardine, le suivi de l'évolution mensuelle du facteur de condition relative au cours d'un cycle annuel a montré que ce facteur évolue de la même façon dans les quatre régions (Figs. 9 et 10) ;

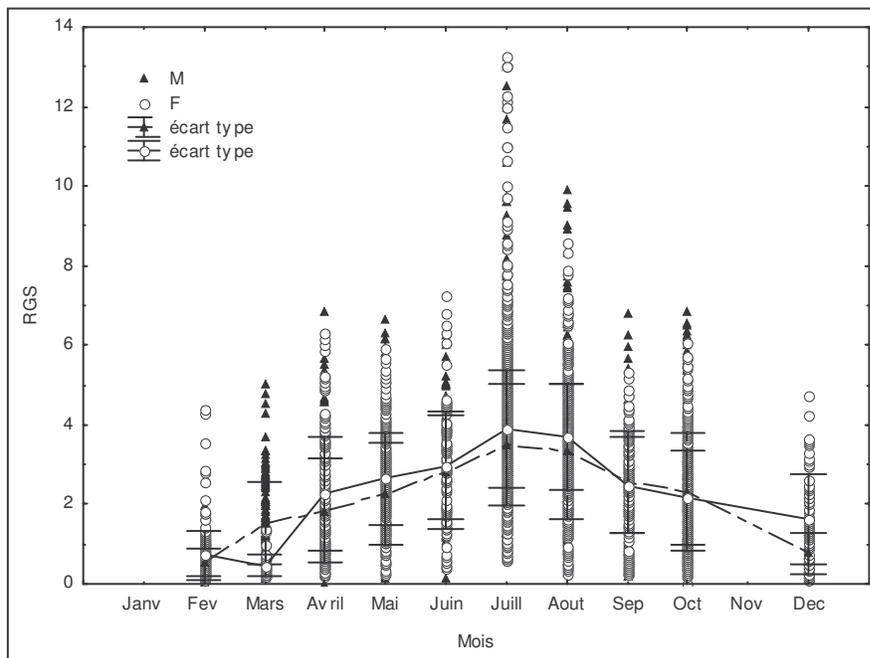


Fig 7 : Evolution mensuelle du RGS moyen et du RGS individuel des anchois femelles et mâles en Tunisie.

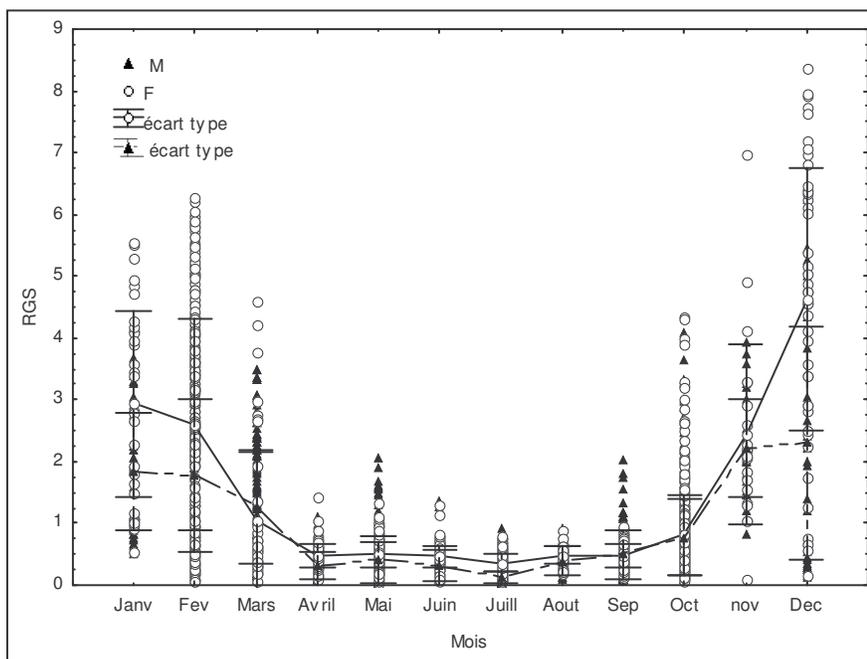


Fig 8 : Evolution mensuelle du RGS moyen et du RGS individuel des sardines femelles et mâles en Tunisie.

Tableau III : Relations taille-masse par région et par sexe et résultats des tests de comparaison des relations taille-masse de l’Anchois entre les sexes. N : nombre d’individus, F : femelle, M : mâle, P : masse du poisson éviscéré, L<sub>F</sub> : Longueur à la fourche, tpe : test de la pente, tpo : test de la position, \* : différence significative au seuil de 5%.

Région	Nombre d’individus	Gamme de Tailles (cm)	Relation Taille-masse	Coefficient de corrélation	Différence entre mâles et femelles : test t
Nord	N= 262	9-15,1	F : P= 0,0027 L <sub>F</sub> <sup>3,36</sup>	R= 99%	tpe=0,88
	N= 262	9,1-15,1	M: P= 0,0028 L <sub>F</sub> <sup>3,37</sup>	R= 99%	tpo=0,34
Est	N= 434	9,1-15,2	F : P= 0,0026 L <sub>F</sub> <sup>3,39</sup>	R= 98%	tpe=0,87
	N= 434	9,1-15,2	M: P= 0,0027 L <sub>F</sub> <sup>3,37</sup>	R= 98%	tpo=0,43
Golfe de Tunis	N= 836	9-15,3	F : P= 0,0039 L <sub>F</sub> <sup>3,21</sup>	R=97%	tpe=0,26
	N= 836	9-15,2	M: P= 0,0036 L <sub>F</sub> <sup>3,25</sup>	R=98%	tpo=0,12
Sud	N= 323	9-15,1	F : P= 0,0043 L <sub>F</sub> <sup>3,16</sup>	R=95%	tpe=0,22
	N= 323	9-15	M: P= 0,0047 L <sub>F</sub> <sup>3,13</sup>	R=96%	tpo=0,85

Tableau IV : Résultats des tests de comparaison des relations taille-masse de l’Anchois entre les régions. t : test t, tpe : test de la pente, tpo : test de la position, \* : différence significative au seuil de 5%.

Région	Nord	Golfe de Tunis	Est	Sud
Test de l’allométrie	t= 10,8 *	t= 10,6 *	t=11,9 *	t=7,74 *
Nord	-	tpe=2,36 * tpo=13,27 *	tpe=1,11 tpo=1,7	tpe=1,62 tpo=16,62 *
Golfe de Tunis	-	-	-	tpe=0,44 tpo=1,68
Est	-	tpe=3,80 * tpo=22,18 *	-	tpe=2,74 * tpo=26,12 *

Tableau V : Relations taille-masse par région et par sexe et résultats des tests de comparaison des relations taille-masse de la Sardine entre les sexes. N : nombre d'individus, F : femelle, M : mâle, P : masse du poisson éviscéré,  $L_F$  : Longueur à la fourche, tpe : test de la pente, tpo : test de la position, \* : différence significative au seuil de 5%.

Région	Nombre d'individus	Gamme de tailles (cm)	Relation taille-masse	Coefficient de corrélation	Valeur du test t entre mâles et femelles.
Nord	N= 105 N= 101	8,4-15,5 8,5-15,5	F : P= 0,0032 $L_F^{3,39}$ M: P= 0,0035 $L_F^{3,34}$	R= 90% R= 90%	tpe=0,13 tpo=0,81
Est	N= 317 N= 308	8-15,8 8-15,6	F : P= 0,0054 $L_F^{3,16}$ M: P= 0,0048 $L_F^{3,19}$	R= 95% R= 93%	tpe=1,07 tpo=1,18
Golfe de Tunis	N= 528 N= 515	8-15,7 8,1-15,5	F : P= 0,0061 $L_F^{3,08}$ M: P= 0,0058 $L_F^{3,10}$	R=96% R=96%	tpe=0,50 tpo=0,22
Sud	N= 244 N= 292	8-15,1 8-15	F : P= 0,0069 $L_F^{3,03}$ M: P= 0,0060 $L_F^{3,08}$	R=95% R=96%	tpe=0,86 tpo=0,67

Tableau VI : Résultats des tests de comparaison des relations taille-masse de la sardine entre les régions. t : test t, tpe : test de la pente, tpo : test de la position, \* : différence significative au seuil de 5%.

Région	Nord	Golfe de Tunis	Est	Sud
Test pour l'allométrie	t= 3,94	t= 3,34 *	t=3,62 *	t=2,1 *
Nord	-	tpe=4,49* tpo=14,94 *	tpe=3,25 * tpo=3,75 *	tpe=4,70 * tpo=17,49 *
Golfe de Tunis	-	-	-	tpe=0,82 tpo=1,81
Est	-	tpe=2,55 * tpo=20,15 *	-	tpe=2,94 * tpo=19,63 *

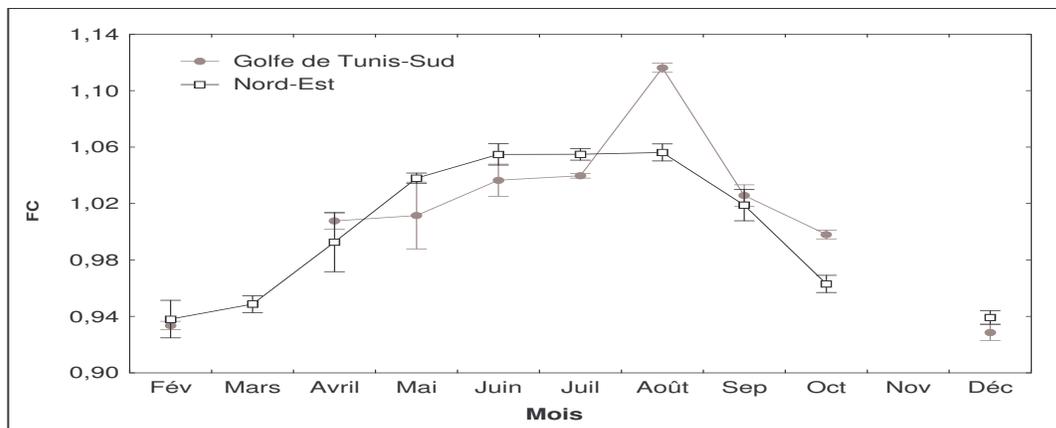


Fig 9 : Evolution mensuelle comparée du facteur de condition relative de l'Anchois (tous sexes confondus) entre les régions Nord-Est et Sud-Golfe de Tunis.

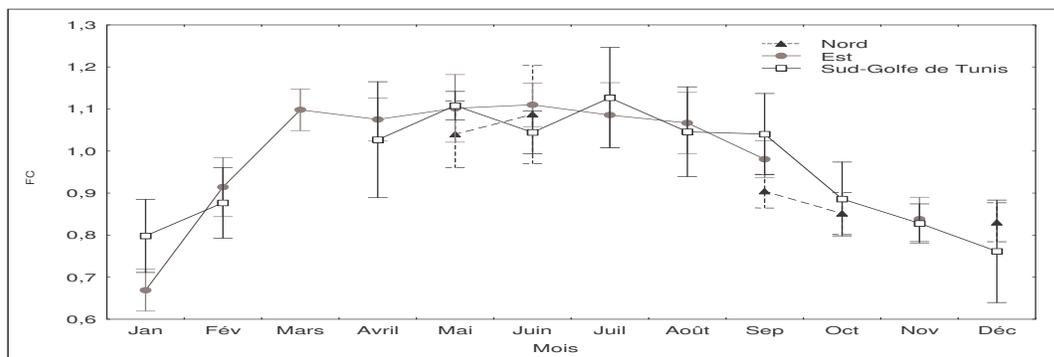


Fig 10 : Evolution mensuelle comparée du facteur de condition relative de la Sardine (tous sexes confondus) entre les régions Nord, Est et Sud-Golfe de Tunis.

avec une première période printemps-été (avril-septembre) de bonne condition marquée par des valeurs élevées du facteur de condition et une deuxième période automne-hiver de mauvaise condition pendant laquelle le facteur de condition atteint des faibles valeurs

Toutefois, il faut noter que les facteurs de condition relative sont généralement supérieurs et plus stables dans la région Nord et Est que dans la région Sud et le Golfe de Tunis.

## DISCUSSION

### Reproduction

Le rapport des sexes dans la population d'anchois et de sardines le long des côtes tunisiennes est globalement de l'ordre de 1. La dominance des femelles dans les classes de petites et de grandes tailles observée chez l'anchois et la sardine semble être une règle générale chez les clupéiformes car elle a été observée chez d'autres espèces comme la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Gaamour, 1999), la sardinelle plate *Sardinella maderensis* (Boely, 1979) et l'anchois du Pérou *Engraulis mordax* (Parrish *et al.*, 1986). La dominance des femelles dans les classes de petites tailles pourrait provenir d'un développement plus précoce des ovaires qui de ce fait seraient plus facilement reconnaissables que les testicules. La supériorité numérique des femelles dans les classes de grandes tailles peut être le résultat de plusieurs facteurs dont les plus plausibles seraient une plus grande longévité et une croissance plus rapide des femelles, une vulnérabilité plus importante vis-à-vis des engins de pêche ou encore des mouvements migratoires différents de ceux des mâles.

Dans chaque région, les femelles et les mâles de chacune des deux espèces étudiées ont une taille identique à leur première maturité sexuelle. Toutefois, le gradient de diminution de la taille de première maturité sexuelle en fonction de la latitude (du nord au sud) va de pair avec l'augmentation de la température de l'eau. Cependant, d'autres facteurs notamment la disponibilité de la nourriture pourraient jouer un rôle non négligeable.

Pour l'anchois, les tailles de premières maturité sexuelle observées au cours de la présente étude sont inférieures à

celles indiquées par différents auteurs ; 10,2 cm en Algérie (Djabali *et al.*, 1988), 10 cm à Malaga (Giraldez et Abad, 1995) 11,4 cm en Catalogne (Perterra, 1992). Toutefois Leonid et Andrianov (1996) ont signalé qu'une faible proportion d'anchois commence à se reproduire à 2 et 3 mois après leur éclosion ce qui correspond à une taille de 5,5 à 6 cm en mer Noire (Leonid et Andrianov, 1996). Les différences de la taille de première maturité sexuelle entre les populations d'anchois, semblent être liées d'une part, à un biais d'échantillonnage (absence des anchois de petites tailles dans les échantillons) et d'autre part, à la différence de la période considérée comme correspondant à celle du pic de reproduction (Gaamour *et al.*, 2004).

Dans leurs aires de distribution, les petits pélagiques sont souvent caractérisés par une période de reproduction particulièrement longue qui, pour les deux espèces étudiées dans ce cas, peut s'expliquer d'une part par l'étalement dans le temps des conditions favorables à la reproduction le long des côtes tunisiennes et d'autre part par le décalage de la période de maturation et d'émission des gamètes entre les individus de la population.

En Tunisie, l'anchois présente une seule période moyenne de reproduction par an qui dure d'avril à octobre avec un pic en juillet-août. L'activité de reproduction la plus intense au cours des mois de juillet-août a lieu dans les eaux chaudes superficielles, au-dessus de la thermocline, lorsque la température varie entre 16 et 25°C, ce qui correspond aux maximums thermiques (Brandhorst, 1977). Les eaux sont chaudes et stratifiées et les vents dominants sont essentiellement de secteur Est favorisant les courants de transports vers la côte où se fait la rétention et la concentration des œufs et des larves.

La période de reproduction établie au cours de ce travail est comparable à celle déterminée par différents auteurs dans d'autres régions aussi bien dans les bassins méditerranéens que dans l'Atlantique (Rodriguez-Roda, 1977 ; Sinovic, 2000 ; Giraldez et Abad, 1995 ; Leonid et Andrianov, 1996).

En milieu tempéré, plusieurs facteurs sont susceptibles d'avoir une action sur les cycles biologiques. L'effet de la température de l'eau sur la reproduction de l'anchois

figure souvent dans la littérature (Cort *et al.*, 1979 ; Palomera, 1992). Selon ces auteurs, il existe une forte corrélation positive entre le rapport gonado-somatique et la température de l'eau.

Par contre dans les zones tropicales une période de reproduction continue pendant toute l'année a été signalée pour l'anchois de Mauritanie (Samba, 1988). La reproduction continue des espèces marines est en relation avec l'absence de variations cycliques importantes de la température de l'eau. Dans ces régions, la présence du phénomène d'upwelling semble induire des variations saisonnières (Samba, 1988).

Une seule période moyenne de reproduction de la sardine a lieu le long des côtes tunisiennes et dure d'octobre à mars avec un maximum d'activité au mois de décembre. Elle se produit lorsque la température de l'eau est comprise entre 14,5 et 20°C. Cette gamme de températures est comparable à celle, observée sur les côtes marocaines (Ettahri, 1996). La période de reproduction a lieu pendant la période où les eaux atlantiques riches en éléments nutritifs gagnent les côtes tunisiennes (Brandhorst, 1977). Ces eaux ont un effet important sur la fertilisation du milieu (Lubet et Azouz, 1969 ; Azouz et Ben Othman, 1975 ; Brandhorst, 1977) et assurent ainsi des meilleures conditions trophiques pour les larves et les juvéniles de sardine.

La période de reproduction définie pour la sardine dans la présente étude est comparable à celle observée dans les autres travaux réalisés en Méditerranée : les côtes tunisiennes (Kartas, 1981), les côtes oranaises (Bouchereau, 1981 ; Tomasini *et al.*, 1989), les côtes de Malaga (Abad et Giraldez, 1992) et les côtes nord ouest de la mer Egée (Voulgaridou et Stergiou, 2003). La période de reproduction aurait également lieu en automne et en hiver, dans la mer d'Alboran (Garcia *et al.*, 1988) et dans le Golfe du Lion (Aldebert et Tournier, 1971). De plus, ces auteurs signalent que des œufs de sardines ont été pêchés durant la période de repos sexuel, indiquant que, chez la sardine, la ponte ne pourrait pas être considérée comme totalement inexistante pendant la phase de repos sexuel mais serait très peu importante dans ces régions. Selon Ettahri *et al.* (2003), les œufs de sardines sont très abondants dans le plancton sur les côtes marocaines pendant deux saisons, l'une hivernale est la plus importante et l'autre estivale de moindre importance.

Les variations des périodes de reproduction au cours de l'année selon les régions pourraient être liées soit à la présence de plusieurs populations de sardines dans les différentes aires de distributions soit à la faible influence de la température de l'eau sur le déclenchement de la reproduction. D'autres facteurs comme la disponibilité de la nourriture auraient plus d'impact sur la reproduction de la sardine.

#### **Relation taille-masse et condition moyenne**

La comparaison des relations taille-masse obtenues dans cette étude pour l'anchois et la sardine avec les relations établies par d'autres auteurs dans différents secteurs méditerranéens et atlantiques ne peut être faite en l'absence de données sur les échantillons employés, car

les deux paramètres de la relation taille-masse sont très sensibles à la composition en taille, à la période d'échantillonnage, au sexe et à l'état de maturité (Fréon, 1988 ; Sinovicic, 2003). Pour ces raisons, dans la présente étude, les échantillons ont été prélevés de façon à pallier ces biais lors de la comparaison des relations taille-masse entre les sexes et les différentes régions.

La condition des anchois et des sardines dans les quatre régions étudiées passe par deux périodes distinctes. Une période de bonne condition dure du printemps à la fin de l'été et coïncide avec l'amélioration des conditions trophiques et l'augmentation de la température de l'eau. Une de mauvaise condition a lieu pendant les saisons automnales et hivernales et correspond à l'époque de l'année où les conditions trophiques et hydrologiques sont plus rigoureuses.

Chez l'anchois, la période de bonne condition coïncide avec la période de reproduction. L'activité reproductrice et la prise alimentaire iraient alors de pair et la capacité de se nourrir de l'anchois serait assez importante pour pouvoir couvrir toutes les dépenses énergétiques de son métabolisme de base, de sa croissance somatique et de sa reproduction. Un comportement similaire a été observé chez les anchois de la Mer Noire (Leonid et Andrianov, 1996), de la baie de Cadix (Millan, 1999) et des côtes de Malaga (Giraldez et Abad, 1995). Durant la période de mauvaise condition, les anchois ne subissent pas une grande perte d'énergie liée à la maturation sexuelle de sorte que la diminution du coefficient de condition relative est peu marquée.

Contrairement à l'anchois, la période de bonne condition de la sardine correspond au repos sexuel (printemps - été). Durant cette période, les sardines se nourrissent si abondamment que d'importantes quantités de graisses sont stockées dans leur cavité abdominale. Ce comportement assure à la sardine son maintien, la reprise de la croissance et l'accumulation de réserves pour la période de mauvaise condition qui s'accompagne d'un amaigrissement des individus et du développement de leurs gonades. L'amaigrissement pourrait être expliqué par la détérioration des conditions trophiques à cette époque hivernale de l'année comme l'a noté Lee (1962). Une autre explication concernerait le développement des gonades qui comprimeraient de plus en plus le tractus digestif de la sardine réduisant ainsi le volume de la prise alimentaire (Lahaye, 1981). La stratégie de la sardine des côtes tunisiennes serait donc d'accumuler des réserves durant une partie de l'année et, ensuite de les utiliser majoritairement pour l'élaboration des produits génitaux ; seule une petite partie de ces réserves servirait pour le maintien de l'animal. Ce que confirmeraient les observations de Tsuruta (1987) chez la sardine japonaise (*Sardinops melanostictus*) dont le développement des gonades qui a lieu au cours de l'automne et de l'hiver, est grandement influencé par la quantité de réserves accumulées au printemps et en été.

Malgré des périodes de reproduction se produisant à des moments différents au cours du cycle annuel, les périodes de bonne et de mauvaise conditions ont lieu à la même époque de ce cycle chez les deux espèces étudiées.

Les principaux facteurs régissant la condition de ces deux espèces le long des côtes tunisiennes seraient donc essentiellement la température de l'eau et la disponibilité de la nourriture. Néanmoins, la reproduction pourrait avoir un impact mais de faible importance sur la condition de la sardine.

## CONCLUSION

Les données acquises sur la reproduction de l'anchois, de la sardine contribuent à une meilleure connaissance de leur écobiologie le long des côtes tunisiennes, indispensable pour les modèles d'évaluation de stocks, la prise de décision en matière de gestion et pour assurer la rentabilité et la durabilité de leur exploitation.

A l'instar des petits pélagiques, les espèces étudiées ici sont caractérisées par une maturité sexuelle précoce. Pour les deux espèces, l'acquisition de la taille de première maturité sexuelle semble être influencée par les conditions du milieu dans les quatre régions.

Chez l'anchois et la sardine, les périodes de reproduction sont étalées mais ne coïncident pas dans le temps. L'étalement de la période de reproduction semble être un trait commun aux petits pélagiques. Pour chaque espèce, la période de reproduction préférentielle est liée à la présence de facteurs environnementaux qui induisent des rythmes de reproduction. Malgré le peu d'informations disponibles concernant ces facteurs dans les zones étudiées, la température de l'eau ainsi que l'approvisionnement en nourriture seraient les principaux signaux cycliques responsables de l'induction de la reproduction chez ces espèces.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aldebert Y. & H. Tournier, 1971. - La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion. Rev. Trav. Inst. Pêche marit., 35: 57-75.
- Abad R. & A. Giraldez, 1992. - Reproducción, factor de condición y talla de primera madurez de la sardine, *Sardina pilchardus* (Wal.), del litoral de Malaga, mar de Alborán (1989 a 1992). Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 8: 145-155.
- Azouz A. & S. Ben Othman, 1975. - Les fonds chalutables de la région est de la Tunisie (de Kélibia à Mahdia). Premiers résultats. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Pêche Salammbô, 4: 49-60.
- Ben Abdallah L., & A. Gaamour, 2004. - Répartition géographique et estimation de la biomasse des petits pélagiques des côtes tunisiennes. MedSudMed, 5: 28-38.
- Bouchereau J. L., 1981. - Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum 1792) Dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse de doctorat de l'Université d'Aix Marseille II, 120 pp.
- Boely T., 1979. - Biologie de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*). Thèse de Doctorat d'Etat de l'Université de Paris VI et du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle, 219 pp.
- Brandhorst, W., 1977. - Les conditions du milieu au large de la côte tunisienne. Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océanogr Salammbô, 4: 129-220.
- Cort J. L., Cendrero O. & E. Cardenas, 1979. - Nuevos datos sobre la anchoa del Cantabrico. Informacion Pesquera Inst. Esp. Oceanog., 9:1-199.
- Daly-Yahia M. N., Souissi S. & O. Daly-Yahia Kéfi, 2004. - Spatial and temporal Structure of Planctonic Copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea). Zool. Studies, 43: 366-375.
- Djabali I., Mouhoub R. & F. Hemida, 1988. - Résultats des travaux réalisés sur les stocks de sardines et des anchois des côtes algéroises. FAO, Rapp. Pêches, 395: 112-120.
- Durand M. H., 1991. - La crise sardinière française: les premières recherches scientifiques autour d'une crise économique et social. In "Pêcheries Ouest africaines, variabilité, instabilité et changement ". Cury P. & C. Roy, eds., ORSTOM, Paris, France. 26-36.
- Ettahri O., 1996. - Etude de la phase planctonique de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), et de l'anchois, *Engraulis encrasicolus* (L.) des côtes atlantiques marocaine. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 262 pp.
- Ettahri O., Berraho A., Vidy G., Ramdani M. & T Do Chi, 2003. - Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21-26°N). Fish. Res., 60: 207-222.
- Fontana A., 1969. - Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella Eba* (Val) et *Sardinella Aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire. Cah. ORSTOM. Sér. Oceanog., 2: 101-108.
- Freon P., 1979. - Relation taille-poids, facteur de condition et indice de maturité sexuelle: Rappels bibliographiques, interprétation, remarques et applications. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thyaroye, ORSTOM., 68: 143-171.
- Freon P., 1988. - Réponses et adaptation des stocks de Clupéidés d'Afrique de L'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Thèse de Doctorat d'Etat Science de l'Université d'Aix Marseille II, 287 pp.
- Gaamour A., 1999. - La sardinelle ronde *Sardinella aurita* dans les eaux tunisiennes : Reproduction, Croissance et Pêche dans la région du Cap Bon. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 246 pp.
- Gaamour A., Ben Abdallah L., Khemiri S. & S. Mili, 2004. - Etudes de la Biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie. MedSudMed, 5: 56-74.
- Gaamour A., Khemiri S., Mili S. & L. Ben Abdallah, 2004. - L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes nord de la Tunisie : Reproduction et

- exploitation. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, 31: 17-24.
- García A., Perez De Rubin J. & J. M. Rodriguez, 1988. - La distribución de las áreas de puesta y cría de sardina [*Sardina pilchardus* (Walb.)] en el sector noroccidental costero del mar de Alborán en marzo de 1982. Completados con información adicional de parámetros biológicos y físico-químicos. Inf. Tech. Inst. Esp. Oceanogr. 56: 24pp.
- Giraldez A. & R. Abad, 1995. - Aspects on the reproductive biology of the Western Mediterranean anchovy from the coasts of Malaga (Alborán Sea). Sci. Mar., 59: 15-23.
- Kartas F., 1981. - Les Clupéidés de Tunisie. Caractères biométriques et biologiques : Etudes comparées des populations de l'Atlantique et de la Méditerranée. Thèse de Doctorat d'Etat de l'Université de Tunis, 680 pp.
- King M., 1995. - Fisheries biology: assessment and management. Fishing new books, eds., Osney Mead, Oxford, England, 341 pp.
- Ktari-Chakroun F., 1978.- Distribution des aires de ponte de l'anchois le long des côtes tunisiennes et des canaux Tuniso-sarde et Siculo-tunisien. Rapp. Comm. Int. Mer Méditerranée, 25-26 : 189-190.
- Lahaye J., 1979. - Les cycles sexuels chez les poissons marins. Séminaire Inst. Océanogr. Paris. 19 pp.
- Lahaye J., 1981. - Les cycles sexuels chez les poissons marins. Oceanis, 6: 637-654.
- Lee J. Y., 1962. - La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* Regan). Thèse de doctorat de la Faculté de Science de Paris, 102 pp.
- Leonid A. L. & D. P. Andrianov, 1996. - Reproductive biology of anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov 1927) in the Black Sea. Sci. Mar., 60: 209-218.
- Lubet P. & A. Azouz, 1969. - Etude des fonds chalutables du golfe de Tunis. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 1: 87-111.
- Millan M., 1999. - Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). Fish. Res., 41: 73-86.
- Mouneimne N., 1981.- Remarques sur la relation Longueur totale/Poids et le facteur de condition chez les poissons. Cybium, 5: 77-85.
- Palomera I., 1992. - Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. Mar.Ecol. Prog. Ser., 79: 215-223.
- Parrish R. H., Mallicoate D. L. & R. A. Klingbeil, 1986. - Age dependent fecundity, number of spawning per year sex ratio, and maturation stages in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 84: 503-517.
- Pertierra J. P., 1992. - Biología pesquera de la anchoa, *Engraulis encrasicolus*, dell litoral catalan. Thèse de doctorat de l'Université de Barcelone. 281 pp.
- Raimbault P., Coste B., Boulhadid M. & B. Boudjellala, 1993. - Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of the southwestern Mediterranean Sea (Algerian current). Deep Sea Res., 40: 791-804.
- Rodriguez-Roda J., 1977. - El boqueron *Engraulis encrasicolus* (L.) del Golfo de Cadiz. Inv. Pesq., 41: 423-542.
- Samba Ba I., 1988. - Biologie et dynamique des populations d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes mauritaniennes. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 130 pp.
- Sammari C. & S. Gana, 1995. - Revue de l'hydrodynamisme au large des côtes Tunisiennes. Bull. Inst. Natn. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 22: 10-31.
- Sammari C. & M. Brahim, 1996.- Hydrodynamisme de la région Nord- Tunisie/ Sicile/ Sardaigne durant le printemps 1995. Bull. Inst. Natn. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 23: 5-32.
- Sinovic G., 2000. - Anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758): biology, population dynamics and fisheries case study. Acta. Adriat., 41: 3-53.
- Sinovic G., 2003. - The length-weight relationship of anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.) in the eastern Adriatic Sea. Acta. Adriat., 44: 183-191.
- Schwartz D., 1993. - Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes (Statistic methods for doctors and biologists). E. Médecine-Sciences, eds., Flammarion, Paris, France. 314 pp.
- Schwartzlose R. A., Alheit J. Bakun A., Baumgartner T. R., Colete R., Crawford R. J. M., Fletcher W. J., Green-Ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluich - Belda D., Lluich - Cota S. E., Mac Call A. D., Matsuura Y., Nevarez- Martinez M. O., Parrish R. H., Roy C., Serra R., Shust K. V., Ward M. N. & J. Z. Zuzunaga, 1999. - Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. S. Afr. J. Mar. Sci./S.-Afr., 21: 289-347.
- Tomasini J. A., Bouchereau J. L. & A. Ben Salah, 1989. - Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* WALBAUM, 1792) des côtes oranaises (Algérie). Cybium, 13: 37-50.
- Tsuruta Y., 1987. - Reproductive potential of the Japanese sardine and anchovy: two types of fluctuation patterns population size. Bull. Fish. Oceanogr. Soc. Japan, 51: 51-54.
- Turki S. & F Ktari-Chakroun, 1985.- Ichtyoplancton du golfe de tunis. Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Oceanogr. Pêche Salammbô, 120 : 5-24.
- Voulgaridou P. & K. I. Sterigou, 2003. - Trends in various biological parameters of the European sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the eastern Mediterranean Sea. Sci. Mar., 67: 269-280.